

Longitudinal stator linear motor supply method

Veröffentlichungsnummer DE19928736
Veröffentlichungsdatum: 2001-01-04
Erfinder NOTHHAFT JUERGEN (DE); HELLINGER ROLF (DE); HOFFMANN REINHARD (DE); SNIEDERS GEROLD (DE); ESSER PETER (DE)
Anmelder: SIEMENS AG (DE); INDUSTRIEANLAGEN BETR SGMBH IA (DE)
Klassifikation:
- Internationale: **B60L13/04; H02K41/02; B60L13/04; H02K41/02;** (IPC1-7): B60L13/03; B60L13/04; H02K41/02
- Europäische: B60L13/04; H02K41/02
Anmeldenummer: DE19991028736 19990623
Prioritätsnummer(n): DE19991028736 19990623

[Report a data error here](#)

Zusammenfassung von DE19928736

The linear motor supply method has the drive energy provided from 2 drive sides, each coupled to an energy supply system during the transition between 2 stator winding sections. The first drive side has a stator winding section supplied from the energy supply system on the second drive side, the stator winding section on the second drive side divided into 3 winding sections connected in series.

© 2001-2004 ESP@CENET
Daten sind von der **esp@cenet** Datenbank verfügbar - Worldwide



②1 Aktenzeichen: 199 28 736.8
②2 Anmeldetag: 23. 6. 1999
④3 Offenlegungstag: 4. 1. 2001

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE;
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG),
85521 Ottobrunn, DE

⑦4 Vertreter:
Zedlitz, P., Dipl.-Inf.Univ., Pat.-Anw., 80331
München

⑦2 Erfinder:
Nothhaft, Jürgen, Dipl.-Ing., 91093 Heßdorf, DE;
Hellinger, Rolf, Dr.-Ing., 91315 Höchstadt, DE;
Hoffmann, Reinhard, Dipl.-Ing., 49733 Haren, DE;
Snieders, Gerold, Dipl.-Ing., 49824 Emlichheim, DE;
Esser, Peter, Dipl.-Ing., 49716 Meppen, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
Meins, Jürgen: Energieversorgung des
Langstatoran-
triebs. In etz 1987, H.9, S.378-381;

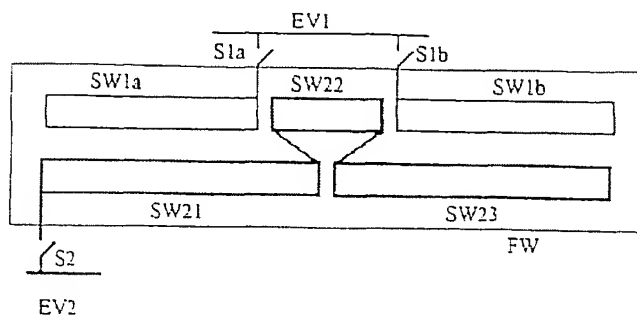
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Anordnung zur Versorgung eines Langstator-Linearmotors mit mindestens zwei voneinander getrennten Antriebsseiten

⑤7 Beschrieben wird ein Verfahren und eine Anordnung zur Versorgung eines Langstator-Linearmotors mit mindestens zwei voneinander getrennten, jeweils von einem Energieversorgungssystem gespeisten Antriebsseiten mit Antriebsenergie während des Überganges von einem Statorwicklungsabschnitt einer jeweils ersten Seite auf den folgenden.

Während des Abschnittswechsels einer Fahrwegseite verringert sich durch die notwendige Abschaltung der Antriebsenergieversorgung des ersten Systems, d. h. einer Fahrwegseite, die Gesamtschubkraft eines Schwebefahrzeugs. Der Schubkraftverlust kann bisher nur teilweise dadurch kompensiert werden, dass der Antriebsstrom in der am Abschnittswechsel nicht beteiligten Statorwicklung des zweiten Systems, d. h. der zweiten Fahrwegseite, vergrößert wird. Vorgeschlagen wird nun, dass im Übergangsbereich der beiden am Abschnittswechsel beteiligten Statorwicklungsabschnitte der ersten Antriebsseite ein Statorwicklungsabschnitt positioniert wird, der vom Energieversorgungssystem der jeweils zweiten Antriebsseite gespeist wird, indem der Statorwicklungsabschnitt der jeweils zweiten Antriebsseite in drei Statorwicklungsabschnitte (SW21, SW22, SW23) geteilt ist, die elektrisch in Reihe geschaltet sind und von denen der mittlere im Übergangsbereich der beiden am Statorabschnittswechsel beteiligten Statorwicklungsabschnitte (SW1a, SW1b) der ersten Antriebsseite positioniert ist.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Versorgung eines Langstator-Linearmotors mit mindestens zwei voneinander getrennten, jeweils von einem Energieversorgungssystem gespeisten Antriebsseiten mit Antriebsenergie während des Überganges von einem Statorwicklungsabschnitt einer jeweils ersten Seite auf den folgenden, sowie eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens.

Magnet-Schwebbahnen mit synchronem Langstatorantrieb, auch als Magnet-Schnellbahnen bezeichnet, sind üblicherweise mit einem Linearmotor mit zwei unabhängig versorgten Teillinearmotoren ausgerüstet, die auf beiden Fahrzeug- bzw. Fahrwegseiten angeordnet sind. In den Statorwicklungen der Linearmotoren, die links und rechts an einem Fahrwegträger angeordnet sind, wird durch einen dreiphasigen Strom ein elektromagnetisches Wanderfeld erzeugt. Das Schwebefahrzeug wird durch seine erregten Trägemagnete von dem Wanderfeld mitgezogen. Die Statorwicklungen sind aus technischen Gründen in einzelne Langstatorabschnitte gegliedert und werden auch separat durch Umrichtereinheiten mit Energie versorgt. Während der Fahrt muss jeweils der entsprechende Statorwicklungsabschnitt eingeschaltet werden. Beim Übergang von einem Statorwicklungsabschnitt zu dem folgenden muss die Antriebsenergie zunächst abgeschaltet werden, um die notwendigen Schalt-handlungen (Umschaltung) stromlos vorzunehmen. Hierzu muss der betreffende Umrichter heruntergeregelt werden, ehe er auf den nächsten Statorwicklungsabschnitt aufgeschaltet werden kann. Erst wenn der gewünschte Statorwicklungsabschnitt zugeschaltet ist, wird die Antriebsenergie der Statorwicklung wieder zugeführt. Damit die Antriebsenergie (Schubkraft) in dieser Phase nicht völlig abgeschaltet ist, werden die Übergänge der Statorwicklungsabschnitte auf beiden Fahrwegseiten räumlich versetzt.

Während des Abschnittswechsels einer Fahrwegseite verringert sich durch die notwendige Abschaltung der Antriebsenergieversorgung des ersten Systems, d. h. einer Fahrwegseite, die Gesamtschubkraft des Schwebefahrzeugs. Der Schubkraftverlust wird bisher kompensiert bzw. gemindert, indem der Antriebsstrom in der am Abschnittswechsel nicht beteiligten Statorwicklung des zweiten Systems, d. h. der zweiten Fahrwegseite, vergrößert wird. Dieses bekannte Verfahren wird Wechselschrittverfahren genannt. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, dass eine Vergrößerung der Gesamtschubkraft nur durch eine Vergrößerung des Stromes im zweiten System erreicht wird. In allen Fällen, bei denen bereits mit einer hohen Schubkraft gefahren wird, ist der Antriebsstrom aber bereits so groß, dass eine weitere Vergrößerung nicht mehr oder nur in geringem Maße möglich ist. Für den Fahrgast treten dann unzumutbare Beschleunigungsänderungen (Rucke) auf. Die Beherrschung dieser Situation ist nur durch Reduzierung des mittleren Betriebsstroms während des Wechselvorgangs möglich. Dadurch verringert sich die mittlere Schubkraft, wodurch sich die Fahrleistungen (Beschleunigung, Endgeschwindigkeit) verschlechtern. Ungünstig ist daneben, dass die Antriebssysteme leistungsmäßig nicht ausgenutzt werden, weil allein das Erreichen der Stromgrenze die Schubkraft begrenzt, obwohl noch ausreichende Spannungsreserven verfügbar wären.

Dort, wo eine hohe Fahrleistung benötigt wird, muss deshalb bisher ein weiteres, drittes Antriebsenergieversorgungssystem installiert werden. Diese dritte System bestromt dann während des Abschnittswechsels den Statorwicklungsabschnitt, in den das Fahrzeug fahren wird, während gleichzeitig das erste System noch den bestromt, den

das Fahrzeug verlässt. Die Antriebsenergieversorgung des ersten Systems braucht dann während des Abschnittswechsels nicht abgeschaltet zu werden, es gibt also keinen Schubkraftverlust. Das dritte System bleibt zugeschaltet und übernimmt die Aufgabe des oben genannten ersten Systems. Nachdem das Fahrzeug den Statorwicklungsbereich des ersten Systems verlassen hat, wird das erste System abgeschaltet und steht für den nächstfolgenden Abschnittswechsel zur Verfügung, wobei dann das erste System die Rolle des dritten Systems übernimmt usw. Dieses Verfahren wird Dreischrittverfahren genannt. Nachteil dieses Verfahrens sind die hohen Investitionskosten und der zusätzliche Platzbedarf eines kompletten dritten Antriebssystems. Die installierte Antriebsleistung beträgt beim Dreischrittverfahren 150% der Nennleistung.

Beide vorgenannten Verfahren sind z. B. in Hellinger u. a., Stationary Components of the Long-Stator-Propulsion System for High Speed Maglev Systems, RIE No. 9/98 beschrieben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung der eingangs genannten Art zum Abschnittswechsel anzugeben, mit denen der Schubkraftverlust gering gehalten wird, ohne dass sich die Investitionskosten beträchtlich erhöhen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einem Verfahren durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 und bei einer Anordnung durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruches 3 im Zusammenwirken mit den Merkmalen im jeweiligen Oberbegriff gelöst. Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden beim Abschnittswechsel der aktuell befahrene und ein unmittelbar folgender Statorwicklungsabschnitt wie beim Dreischrittverfahren gleichzeitig mit Energie versorgt. Anstelle der Verwendung eines dritten Energieversorgungssystems wird jedoch ein Teil der Statorwicklung der jeweils anderen Fahrwegseite zwischen den aufeinander folgenden Statorwicklungsabschnitten der Fahrwegseite angeordnet, auf der der Abschnittswechsel stattfindet oder in den Endbereichen dieser aufeinander folgenden Statorwicklungsabschnitte, diese überdeckend. Dieser Statorwicklungsteil der ersten und der gegenüberliegende Statorwicklungsabschnitt der zweiten Fahrwegseite sind in Reihe geschaltet. Mit dieser Maßnahme wird ein Statorwicklungsbereich in jedem Abschnittswechselbereich der ersten (und beim folgenden Abschnittswechsel in umgekehrter Weise in jedem Abschnittswechselbereich der zweiten) Fahrwegseite geschaffen, der unabhängig von dem ersten Energieversorgungssystem durch das zweite Energieversorgungssystem gespeist wird.

Ein besonderer Vorteil des Verfahrens liegt in der optimalen Leistungsausnutzung der installierten Betriebsmittel. Mit der Länge des Statorwicklungsteils im Abschnittswechselbereich der gegenüberliegenden Fahrwegseite, die man als Sprunglänge bezeichnen kann, kann die Höhe der Spannungsbelastung des jeweils stromführenden Systems individuell projiziert werden. Dieser zusätzliche Spannungsanteil hängt von der Überdeckungslänge des Schwebefahrzeugs mit der Sprunglänge und von der Fahrzeuggeschwindigkeit ab. Weil die Energieversorgungssysteme in der Regel nicht für die doppelte Leistung bzw. Spannung ausgelegt sind, sollte – insbesondere für höhere Fahrgeschwindigkeiten – die Sprunglänge kürzer als die Länge eines Schwebefahrzeugs sein. Bei niedrigen Geschwindigkeiten ist dagegen eine größere Sprunglänge vorteilhafter. In diesem Fall kann jedoch ein Fahrzeug auf dem Sprungabschnitt nicht mehr aus dem Stillstand in Fahrt gebracht werden, wenn das zweite System, das hier die volle Antriebsfunktion über-

nommen hat, bei einer Fehlerbedingung ausfällt. Bei Sprunglängen kleiner als die Länge des Schwebefahrzeugs besteht dagegen immer eine Restüberlappungslänge mit dem ersten System.

Der herausragende Vorteil besteht jedoch in der Minimierung der Rückwirkungen auf den Fahrgast. Mit Ausnahme des Betriebsbereiches mit Maximalleistung, d. h. Maximalbeschleunigung bei hoher Geschwindigkeit, kann der Zeitverlauf der Beschleunigung aktiv geregelt werden. Durch die Polradspannungserhöhung im zweiten System während des Abschnittswechsels im ersten System können rasche Stromänderungen im ersten System durch geringere Stromänderungen im zweiten System ausgeglichen werden, weil die Kraftauswirkung bei höherer Polradspannung, die durch die höhere Fahrzeugüberdeckungsfläche mit der Statorwicklung entsteht, größer ist.

Eine erfindungsgemäße Anordnung zur Realisierung des Verfahrens ist so aufgebaut, dass der Statorwicklungsabschnitt der jeweils zweiten Antriebsseite, der dem Bereich des Statorabschnittswechsels gegenüberliegt, in drei Statorwicklungsabschnitte unterteilt ist, die elektrisch in Reihe geschaltet sind und von denen der mittlere zwischen den aufeinander folgenden Statorwicklungsabschnitten der ersten Antriebsseite angeordnet ist, auf der der Abschnittswechsel stattfindet oder in den Endbereichen dieser aufeinander folgenden Statorwicklungsabschnitte, diese überdeckend.

Die Wirkungsweise des Verfahrens soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen noch näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1 das erfindungsgemäße Verfahren anhand einer schematischen Darstellung der Statorwicklungen in einem Abschnittswechselbereich,

Fig. 2 die Statorwicklungen im Abschnittswechselbereich beim bekannten Wechselschrittverfahren,

Fig. 3 den prinzipiellen Zeitverlauf der Statorströme und -spannungen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Fig. 4 den prinzipiellen Zeitverlauf der Statorströme und -spannungen bei dem bekannten Wechselschrittverfahren und

Fig. 5 die Anordnung der Statorwicklungen im Abschnittswechselbereich mit überlappenden Wicklungen.

Fig. 1 zeigt einen Abschnittswechselbereich einer Statorwicklung auf einem Fahrweg FW. Ein in **Fig. 1** nicht gezeigtes Fahrzeug befährt den Fahrweg FW von links kommend, so dass ein Antriebswechsel von einem Statorwicklungsabschnitt SW1a auf einen Statorwicklungsabschnitt SW1b nötig wird. Die Statorwicklungsabschnitte SW1a und SW1b werden von einem Energieversorgungssystem EV1 gespeist und durch Schalter S1a und S1b jeweils mit diesem verbunden. Die gegenüberliegende Statorwicklung der zweiten Antriebsseite ist in zwei Statorwicklungsabschnitte SW21 und SW23 geteilt, die über einen Schalter S2 mit einem eigenen Energieversorgungssystem EV2 verbunden sind. Zwischen den Statorwicklungsabschnitten SW1a und SW1b des ersten Systems und mit den Statorwicklungsabschnitten SW21 und SW23 des zweiten Systems in Reihe geschaltet liegt ein kurzer Statorwicklungsabschnitt SW22, der während des Abschnittswechsels zusätzliche Antriebsenergie liefern soll.

Fig. 2 zeigt dagegen die Anordnung der Statorwicklungen bei dem bisher bekannten Wechselschrittverfahren. Der Statorwicklungsabschnitt SW2 ist hierbei ungeteilt. Bei einem Abschnittswechsel von dem Statorwicklungsabschnitt SW1a auf den Statorwicklungsabschnitt SW1b ist kurzzeitig nur der Statorwicklungsabschnitt SW2 des zweiten Systems stromführend, was anhand von **Fig. 4** noch näher zu zeigen sein wird.

Zur Erläuterung des Verfahrens sind in **Fig. 3** die prinzi-

piellen Zeitverläufe der Statorströme und -spannungen dargestellt. Zu Beginn des Abschnittswechsels fährt ein Fahrzeug FZ, vom Statorwicklungsabschnitt SW1a kommend, in den Bereich des Statorwicklungsabschnitts SW22 des zweiten Systems. In dieser Überlappungsphase induziert das Fahrzeug FZ Polradspannungsanteile nicht nur in den Statorwicklungsabschnitten SW21 und SW23, sondern auch im Statorwicklungsabschnitt SW22 auf der gegenüberliegenden Seite, wodurch sich die Polradspannung u_{p2} in der Statorwicklung des zweiten Systems (im Grenzfall bis auf die maximale Polradspannung u_{pmax}) und damit die Gesamtluftspalteleistung erhöht, während die Polradspannung u_{p1a} am Statorwicklungsabschnitt SW1a sinkt, da das Fahrzeug FZ diesen Wicklungsbereich mehr und mehr verläßt. Wird nun unmittelbar vor der Umschaltung der Strom i_{1a} im Statorwicklungsabschnitt SW1a des ersten Systems kontinuierlich nach Null gefahren, so wird in der Statorwicklung des zweiten Systems der Strom i_2 vergrößert (im Grenzfall bis auf den maximalen Strom i_{max}). In der Umschaltphase wird das Magnet-Schwebefahrzeug FZ auf der ersten Antriebsseite über den zusätzlichen Statorwicklungsabschnitt SW22 somit weiterhin angetrieben. Solange die Strom- und Spannungsgrenze des Systems noch nicht erreicht wird, bleibt die Schubkraft vollständig erhalten. Nachdem der Statorwicklungsabschnitt SW1b des ersten Systems zugeschaltet ist, das erste System den Strom i_{1b} wieder hochfährt und die Polradspannung u_{p1b} des ersten Systems sich beim Einfahren in den Bereich des Statorwicklungsabschnitts SW1b wieder erhöht, wird das zweite System bezüglich der höheren Ströme und Spannungen entlastet, bis die erste Antriebsseite ihre Funktion wieder voll erfüllt.

Der Vorgang wiederholt sich bei einem nächsten Abschnittswechsel auf der anderen Antriebsseite in analoger Weise.

In **Fig. 4** ist dagegen der Verlauf der Ströme und Spannungen beim bekannten Wechselschrittverfahren mit einer Statorwicklungsanordnung gemäß **Fig. 2** dargestellt. Im Gegensatz zum erfindungsgemäßen Verfahren bleibt die Polradspannung u_{p2} im Statorwicklungsabschnitt SW2 des zweiten Systems hierbei konstant. Die Schubkraft kann während des Abschnittswechsels nur dadurch aufrechterhalten werden, dass der Strom i_2 im Statorwicklungsabschnitt SW2 im Grenzfall bis auf den maximal möglichen Stromwert i_{max} erhöht wird. Kann dadurch der Leistungseinbruch im ersten System nicht ausgeglichen werden, führt das je nach der verwendeten Stromänderungsgeschwindigkeit im ersten System zu einem deutlichen Rucken des Magnet-Schwebefahrzeugs FZ.

Fig. 5 zeigt eine Variante der Anordnung des Wicklungsabschnitts auf der gegenüberliegenden Antriebsseite. Ein Statorwicklungsabschnitt SW22 ist hier nicht in die Lücke zwischen den Statorwicklungsabschnitten SW1a und SW1b des ersten Systems plaziert, sondern überdeckt die Statorwicklungsabschnitte SW1a und SW1b. Damit wird die Antriebsleistung während des Abschnittswechsels weiter gleichmäßig, da sich die durch den abklingenden Strom i_{1a} bewirkte Antriebsleistung im Statorwicklungsabschnitt SW1a bzw. die durch den ansteigenden Strom i_{1b} bewirkte Antriebsleistung im Statorwicklungsabschnitt SW1b zu der Antriebsleistung im Statorwicklungsabschnitt SW22 addieren.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Versorgung eines Langstator-Linear-motors mit mindestens zwei voneinander getrennten, jeweils von einem Energieversorgungssystem gespeisten Antriebsseiten mit Antriebsenergie während des

Übergangs von einem Statorwicklungsabschnitt einer jeweils ersten Antriebsseite auf den folgenden, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Übergangsbereich der beiden am Abschnittwechsel beteiligten Statorwicklungsabschnitte der ersten Antriebsseite ein Statorwicklungsabschnitt positioniert wird, der vom Energieversorgungssystem der jeweils zweiten Antriebsseite gespeist wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strom (i_2) in der Statorwicklung der zweiten Antriebsseite während des Abschnittwechsels durch Erhöhung der Leistungsabgabe des Energieversorgungssystems der zweiten Antriebsseite erhöht wird.

3. Anordnung zur Versorgung eines Langstator-Linearmotors mit mindestens zwei voneinander getrennten, jeweils von einem Energieversorgungssystem gespeisten Antriebsseiten mit Antriebsenergie während des Übergangs von einem Statorwicklungsabschnitt (SW1a) einer jeweils ersten Antriebsseite auf den folgenden Statorwicklungsabschnitt (SW1b) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der dem Bereich des Statorabschnittwechsels gegenüberliegende Statorwicklungsabschnitt der jeweils zweiten Antriebsseite in drei Statorwicklungsabschnitte (SW21, SW22, SW23) geteilt ist, die elektrisch in Reihe geschaltet sind und von denen der mittlere Statorwicklungsabschnitt (SW22) im Übergangsbereich der beiden am Statorabschnittwechsel beteiligten Statorwicklungsabschnitte (SW1a, SW1b) der ersten Antriebsseite positioniert ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Statorwicklungsabschnitt (SW22) der zweiten Antriebsseite in einer Lücke zwischen den am Statorabschnittwechsel beteiligten Statorwicklungsabschnitten (SW1a, SW1b) der ersten Antriebsseite positioniert ist.

5. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Statorwicklungsabschnitt (SW22) der zweiten Antriebsseite die Endbereiche der beiden am Statorabschnittwechsel beteiligten Statorwicklungsabschnitte (SW1a, SW1b) der ersten Antriebsseite überdeckt.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des mittleren Statorwicklungsabschnitts (SW22) der zweiten Antriebsseite in Bereichen hoher Antriebsgeschwindigkeit des Langstator-Linearmotors die Länge eines durch den Langstator-Linearmotors angetriebenen Rotorteils, z. B. eines Magnet-Schwebefahrzeugs (FZ), nicht übersteigt.

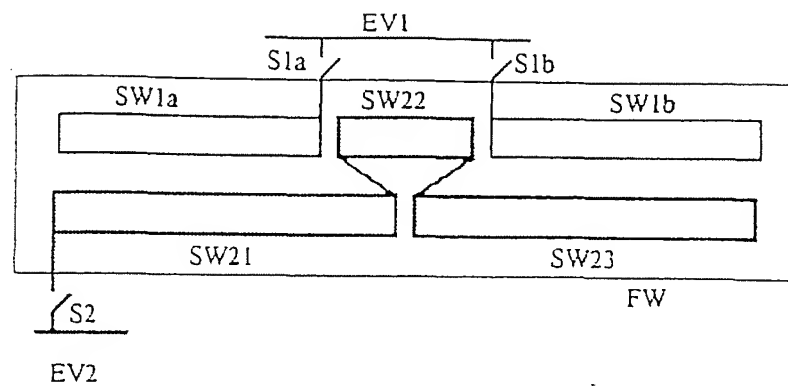
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge des mittleren Statorwicklungsabschnitts (SW22) der zweiten Antriebsseite in Bereichen geringer Antriebsgeschwindigkeit des Langstator-Linearmotors größer ist als die Länge eines durch den Langstator-Linearmotors angetriebenen Rotorteils, z. B. eines Magnet-Schwebefahrzeugs (FZ).

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

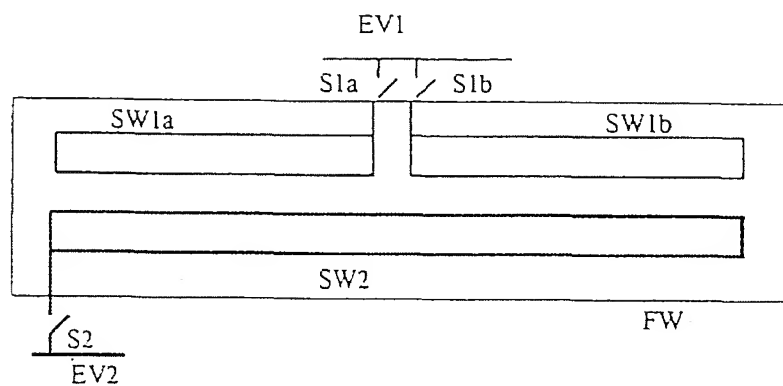
60

65

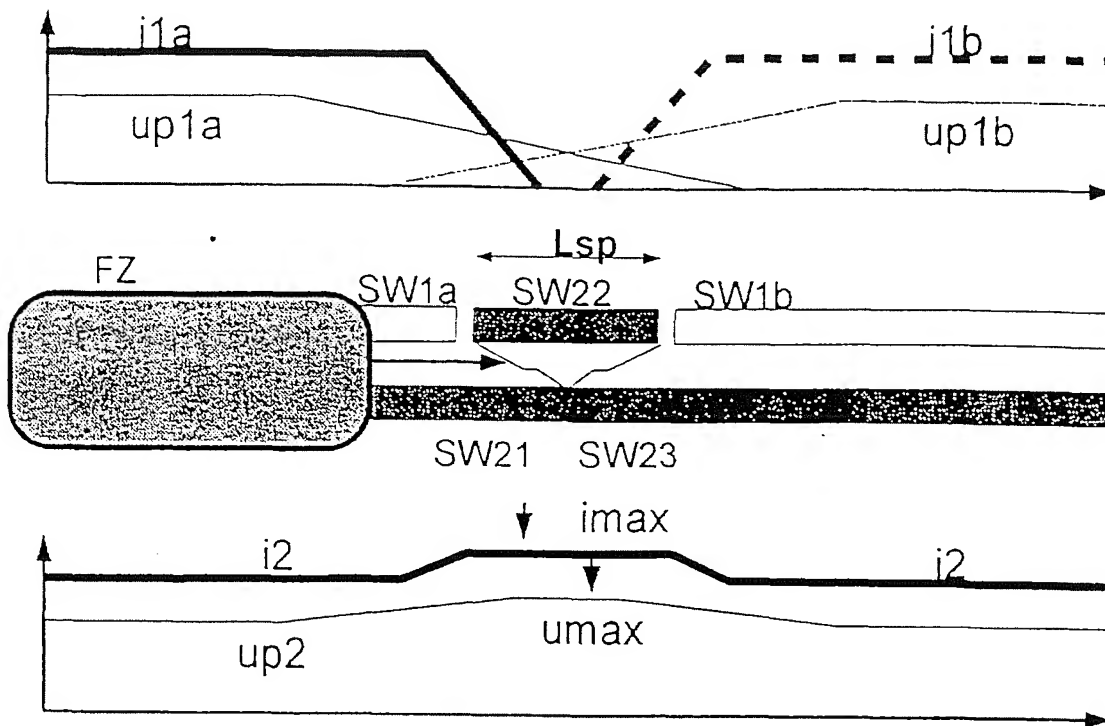
- Leerseite -



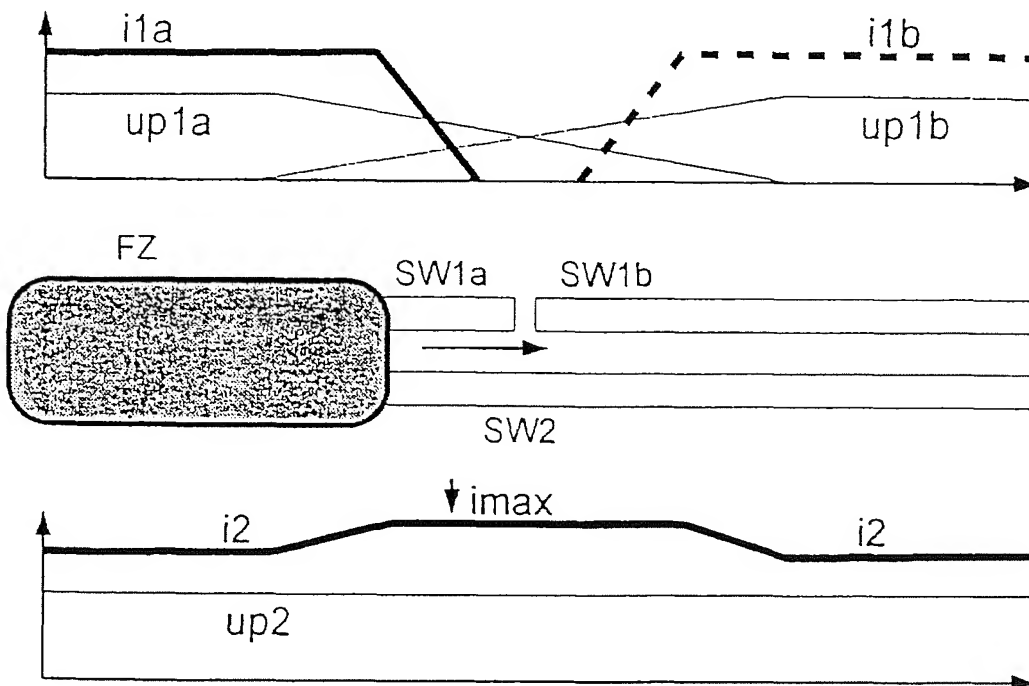
Figur 1



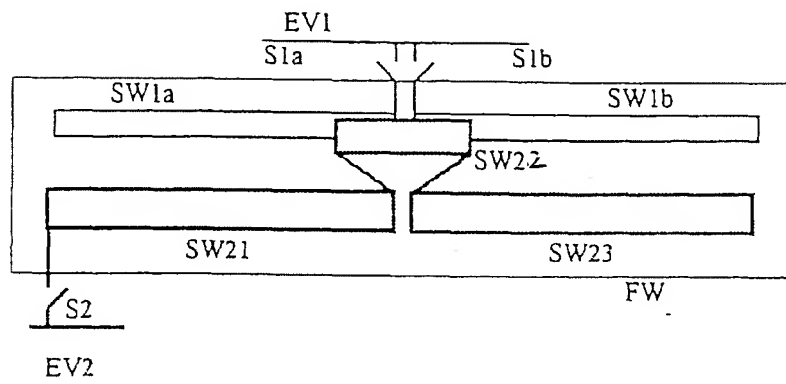
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5